



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 101 63 513 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:
H 04 R 25/00
H 04 R 17/00
A 61 F 2/18
H 04 R 7/02

⑳ Aktenzeichen: 101 63 513.3
㉔ Anmeldetag: 14. 12. 2001
㉕ Offenlegungstag: 17. 7. 2003

DE 101 63 513 A 1

㉑ Anmelder:
Technische Universität Dresden, 01069 Dresden, DE
㉒ Vertreter:
Sender, F., Dipl.-Ing., 01069 Dresden

⑤1 Zusatz zu: 100 30 372.2

㉓ Erfinder:
Hüttenbrink, Karl-Bernd, Prof.Dr.med.habil., 01326
Dresden, DE; Hofmann, Gert, Prof.Dr.-Ing., 01465
Langebrück, DE; Zahnert, Thomas, Dr.-med., 01326
Dresden, DE; Bornitz, Matthias, Dipl.-Ing., 01157
Dresden, DE; Blau, Matthias, Dr.-Ing., 01129
Dresden, DE

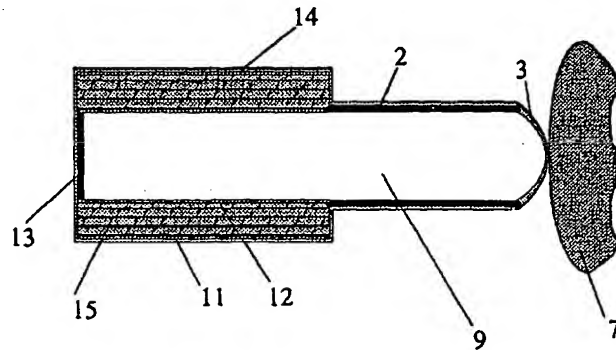
⑤6 Entgegenhaltungen:
K.-B. Hüttenbrink, "Implantierbare Hörgeräte für
hochgradige Schwerhörigkeit". in HNO, 10-97,
S. 742-744;
Hammer, A. und Hammer, H.: "Taschenbuch der
Physik",
J.Lindauer Verlag, München 1968, 4.Auflage, S.141;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Implantierbarer hydroakustischer Wandler

⑤7 Die Erfindung betrifft einen implantierbaren hydroakustischen Wandler nach dem Patent DE 10030372 C2, bei dem der Verformungskörper (15) des hydroelektrischen Wandlers (1) ganz oder teilweise aus einem einkristallinen, flüssigkeitsundurchlässigen piezoelektrischen Material besteht oder der Grundkörper (10) des hydroelektrischen Wandlers (1) ganz oder teilweise aus einem biokompatiblen, flüssigkeitsundurchlässigen Material besteht und an wenigstens einer Stelle zu einem Verformungskörper (15) ausgebildet ist, die auf der flüssigkeitsabgewandten Seite mit einem piezoelektrischen Material beschichtet ist, wobei diese Beschichtung (16) gegenüber der Körperflüssigkeit durch eine Kapsel (17) aus biokompatiblen, flüssigkeitsdichten Material isoliert ist.



DE 101 63 513 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft einen implantierbaren hydroakustischen Wandler gemäß dem Oberbegriff der Ansprüche 1 und 5 und nach dem Patent DE 100 30 372 C2.

[0002] Ein dem Oberbegriff der Ansprüche 1 und 5 entsprechender implantierbarer hydroakustischer Wandler ist aus dem Patent DE 100 30 372 C2 bekannt.

[0003] Dort wird ein implantierbarer hydroakustischer Wandler zum Empfangen von Nutzschall und zur Umwandlung in elektrische Signale, zum Einsatz als Mikrofon für ein implantierbares Hörgerät oder ein Cochlea Implantat beschrieben. Der Wandler weist ein Hohlvolumen auf, an das ein flexibler Schlauch mit einer formstabilen Hülle angeschlossen ist, dessen freies Ende von einer Membran abgeschlossen ist, wobei das von hydroelektrischem Wandler, Schlauch und Membran gebildete Hohlvolumen mit einer Flüssigkeit gefüllt ist, und die Membran an das Trommelfell, ein Gehörknöchelchen oder die runde Fenstermembran zum Empfangen von Nutzschall ankoppelbar ist. Das vom hydroelektrischen Wandler, Schlauch und Membran gebildete Hohlvolumen ist mit einer Flüssigkeit so gefüllt, dass die Membran prall ausgebaucht ist.

[0004] Aus DE 100 30 372 C2 ist weiterhin bekannt, dass die Wandlung der hydroakustischen Wellen in elektrische Spannung durch eine ein Hohlvolumen aufweisende Piezokeramik, vorzugsweise in Zylinderform, erfolgen soll.

[0005] Bei sehr langen Betriebszeiten eines solchen implantierbaren Wandlers besteht das Risiko der Degradierung der Funktionsfähigkeit der Piezokeramik durch Absorption der Flüssigkeit, die das von hydroelektrischem Wandler, Schlauch und Membran gebildete Hohlvolumen ausfüllt, bzw. von Körperflüssigkeit.

[0006] Die Aufgabe der Erfindung besteht deshalb darin, eine langzeitstabile Aufrechterhaltung der elektromechanischen Eigenschaften des hydroelektrischen Wandlers zu garantieren, ohne dabei die ursprünglichen Eigenschaften des implantierbaren Wandlers (insbesondere Biokompatibilität, akustoelektrische und elektroakustische Wandlungseigenschaften) negativ zu beeinträchtigen.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale nach den Ansprüchen 1 und 5 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0008] Die Wandlung der hydroakustischen Wellen in elektrische Spannung und umgekehrt wird durch den hydroelektrischen Wandler unter Ausnutzung des direkten bzw. indirekten piezoelektrischen Effekts realisiert. In dem Patent DE 100 30 372 C2 ist hierzu eine ein Hohlvolumen aufweisende Piezokeramik, vorzugsweise in Zylinderform, vorgesehen.

[0009] Eine Verbesserung der in dem Patent DE 100 30 372 C2 beschriebenen Erfindung stellt die Verwendung von einkristallinem Piezomaterial anstelle von Piezokeramik für den sogenannten Verformungskörper des hydroelektrischen Wandlers dar.

[0010] Der Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung besteht darin, dass Einkristalle praktisch feuchteunempfindlich sind. Geeignet sind insbesondere als Einkristalle gezüchtete Relaxorbasierte Bleititanat-Werkstoffe, wie beispielsweise Bleizirkonatniobat-Bleititanat (PZN-PT) oder Bleimanganatniobat-Bleititanat (PMN-PT). Damit ist es nur noch erforderlich, einen elektrischen Nebenschluss der Elektroden zu verhindern. Da hierfür Ladungsträger wie gelöste Salze (Ionen) erforderlich sind (die Anwesenheit von Wasser allein ist dagegen unkritisch), ist es ausreichend, den gesamten implantierbaren Wandler mit einer biokompatiblen Hülle zu versehen, die eine Sperre für in der Körperflüssigkeit vorkommende Ladungsträger darstellt, aber nicht not-

wendigerweise wasserdampfdicht sein muss. Die Hülle setzt sich um angeschlossene elektrische Leitungen und Verbraucher fort. Ein geeignetes Material für die Hülle ist z. B. Silikon.

5 [0011] Eine alternative Verbesserung der in dem Patent DE 100 30 372 C2 beschriebenen Erfindung stellt der Ersatz der Piezokeramik durch einen Grundkörper aus einem biokompatiblen, flüssigkeitsundurchlässigen Material dar, welcher an einer oder mehreren Stellen zu dünnen Verformungskörpern ausgebildet ist, die auf der flüssigkeitsabgewandten Seite mit einem piezoelektrischen Material beschichtet sind, wobei diese Beschichtung gegenüber der Körperflüssigkeit durch eine Kapsel aus einem biokompatiblen, flüssigkeitsdichten Material isoliert ist.

10 [0012] Der Verformungskörper nimmt dabei die hydroakustischen Wellen der Flüssigkeit auf und wandelt sie in mechanische Schwingungen um, welche wiederum durch die piezoelektrische Schicht in elektrische Signale umgewandelt werden. Geeignete Materialien für den Grundkörper, den Verformungskörper und die Kapsel sind insbesondere Titan und Titanlegierungen. Für die piezoelektrische Schicht können alle bekannten Piezomaterialien (Keramik, Einkristalle, Polymere) verwendet werden. Bevorzugte Formen für Verformungskörper sind zum Beispiel Zylinder und Biegeplatten.

15 [0013] Der Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung besteht darin, dass die feuchteempfindliche Piezoschicht sowohl von der Flüssigkeit als auch von der Körperflüssigkeit durch biokompatible, feuchteundurchlässige Schichten getrennt ist.

20 [0014] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

[0015] In den Zeichnungen zeigen:

[0016] Fig. 1 eine Ausführungsform eines implantierbaren Wandlers nach dem Patent DE 100 30 372 C2

25 [0017] Fig. 2 eine Ausführungsform eines implantierbaren Wandlers mit aus einkristallinem Piezomaterial gebildeten Verformungskörper des hydroelektrischen Wandlers

[0018] Fig. 3 eine Ausführungsform eines implantierbaren Wandlers mit aus einem flüssigkeitsdichten Material gebildeten Grund- und Verformungskörpern des hydroelektrischen Wandlers

30 [0019] In der Fig. 1 ist eine Ausführungsform eines implantierbaren Wandlers nach dem Patent DE 100 30 372 C2 gezeigt. Der Wandler besteht aus dem das Hohlvolumen aufweisenden hydroelektrischen Wandler 1, an welchen ein flexibler Schlauch 2 mit einer formstabilen Hülle angeschlossen ist, dessen freies Ende von einer ausgebauchten Membran 3 abgeschlossen ist, wobei die Hohlvolumina von hydroelektrischem Wandler 1, Schlauch 2 und ausgebauchter Membran 3 mit einer Flüssigkeit 9 gefüllt sind und die ausgebauchte Membran an ein Gehörknöchelchen 7 angekoppelt ist. Die gesamte Anordnung ist von einer Körperflüssigkeit umgeben.

35 [0020] In der Fig. 2 ist eine Ausführungsform des implantierbaren Wandlers mit aus einkristallinem Piezomaterial gebildeten Hohlvolumen gezeigt. Der hydroelektrische Wandler 1 besteht dabei aus einem zylindrischen Verformungskörper 15 aus flüssigkeitsunempfindlichen einkristallinem Piezomaterial, mit starrer Rückwand 13, wobei ein Kurzschluss von innerer Elektrode 12 und äußerer Elektrode 11 durch eine vollständige Hülle 14 um den Wandler, welche aus einem für elektrische Ladungsträger undurchlässigen, aber nicht notwendigerweise wasserdampfdichten Material besteht, verhindert wird. Die Hülle 14 setzt sich um angeschlossene elektrische Leitungen und Verbraucher fort.

40 [0021] In der Fig. 3 ist eine Ausführungsform des implantierbaren Wandlers mit aus einem flüssigkeitsdichten Mate-

rial gebildeten Grund- und Verformungskörper des hydroelektrischen Wandlers gezeigt. Das Hohlvolumen des hydroelektrischen Wandlers 1 wird durch einen zylindrischen Grundkörper 10 aus einem biokompatiblen, flüssigkeitsdichten Material, vorzugsweise Titan, gebildet und wird nach oben durch eine ebenfalls aus einem biokompatiblen, flüssigkeitsdichten Material bestehenden Verformungskörper 15, der hier als Biegeplatte ausgeführt ist, abgeschlossen, wobei der Verformungskörper 15 auf der der Flüssigkeit 9 abgewandten Seite mit einem Piezomaterial 16 beschichtet ist.

[0022] Die Piezoschicht 16 auf dem Verformungskörper 15 ist gegenüber der umgebenden Körperflüssigkeit flüssigkeitsdicht gekapselt. Die Kapsel 17 setzt zweckmäßigerweise auf dem Rand des zylindrischen Grundkörpers 10 auf.

Bezugszeichenliste

1 hydroelektrischer Wandler	
2 Schlauch	20
3 ausgebauchte Membran	
4 Berührungspunkt der Membran	
5 Wandler als Aktuator	
6 Verstärker und elektronische Signalverarbeitung	
7 Gehörknöchelchen	25
8 Membran am runden Fenster	
9 Flüssigkeit welche die Hohlvolumina von hydroelektrischem Wandler, Schlauch und ausgebauchter Membran ausfüllt	
10 Grundkörper des hydroelektrischen Wandlers	30
11 äußere Elektrode	
12 innere Elektrode	
13 Rückwand	
14 Hülle	
15 Verformungskörper des hydroelektrischen Wandlers	35
16 Piezoschicht (Keramik, Polymer, Einkristall)	
17 Kapsel	

Patentansprüche

1. Implantierbarer hydroakustischer Wandler zum Empfangen von Nutzschall und zur Umwandlung in elektrische Signale, zum Einsatz als Mikrofon für ein implantierbares Hörgerät oder ein Cochlea Implantat, bestehend aus einem Wandler (1) mit einem Hohlvolumen, an das ein flexibler Schlauch (2) mit einer formstabilen Hülle angeschlossen ist, dessen freies Ende von einer Membran (3) abgeschlossen ist, wobei das von hydroelektrischem Wandler (1), Schlauch (2) und Membran (3) gebildete Hohlvolumen mit einer Flüssigkeit (9) gefüllt ist, und die Membran an das Trommelfell, ein Gehörknöchelchen oder die runde Fenstermembran zum Empfangen von Nutzschall ankoppelbar ist, und das von hydroelektrischem Wandler (1), Schlauch (2) und Membran (3) gebildete Hohlvolumen mit einer Flüssigkeit (9) so gefüllt ist, dass die Membran prall ausgebaucht ist, nach Patent DE 100 30 372 C2, dadurch gekennzeichnet, dass der Verformungskörper (15) des hydroelektrischen Wandlers (1) ganz oder teilweise aus einem einkristallinen, flüssigkeitsundurchlässigen piezoelektrischen Material besteht.
2. Implantierbarer hydroakustischer Wandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das einkristalline, flüssigkeitsundurchlässige piezoelektrische Material ein als Einkristall gezüchteter Relaxor-basierter Bleititanat-Werkstoff ist.
3. Implantierbarer hydroakustischer Wandler nach An-

spruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Bleititanat-Werkstoff Bleizirkonatniobat-Bleititanat (PZN-PT) oder Bleimanganatniobat-Bleititanat (PMN-PT) ist.

4. Implantierbarer hydroakustischer Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der gesamte Wandler inklusive angeschlossener elektrischer Leitungen und Verbraucher gegenüber der Körperflüssigkeit durch Beschichtung mit einer Hülle (14) aus einem biokompatiblen, ionenundurchlässigen Material, vorzugsweise Silikon, isoliert ist.

5. Implantierbarer hydroakustischer Wandler zum Empfangen von Nutzschall und zur Umwandlung in elektrische Signale, zum Einsatz als Mikrofon für ein implantierbares Hörgerät oder ein Cochlea Implantat, bestehend aus einem Wandler (1) mit einem Hohlvolumen, an das ein flexibler Schlauch (2) mit einer formstabilen Hülle angeschlossen ist, dessen freies Ende von einer Membran (3) abgeschlossen ist, wobei das von hydroelektrischem Wandler (1), Schlauch (2) und Membran (3) gebildete Hohlvolumen mit einer Flüssigkeit (9) so gefüllt ist, dass die Membran prall ausgebaucht ist, nach Patent DE 100 30 372 C2, dadurch gekennzeichnet, dass der Grundkörper (10) des hydroelektrischen Wandlers (1) ganz oder teilweise aus einem biokompatiblen, flüssigkeitsundurchlässigen Material besteht und an wenigstens einer Stelle zu einem Verformungskörper (15) ausgebildet ist, die auf der flüssigkeitsabgewandten Seite mit einem piezoelektrischen Material beschichtet ist, wobei diese Beschichtung (16) gegenüber der Körperflüssigkeit durch eine Kapsel (17) aus biokompatiblen, flüssigkeitsdichten Material isoliert ist.

6. Implantierbarer hydroakustischer Wandler nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass als piezoelektrisches Material Einkristalle, Keramiken oder Polymere vorgesehen sind.

7. Implantierbarer hydroakustischer Wandler nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass das biokompatible, flüssigkeitsdichte Material für den Grundkörper (10) des hydroelektrischen Wandlers und/oder für die Kapsel (17) Titan oder eine Titanlegierung ist.

8. Implantierbarer hydroakustischer Wandler nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass in dem durch die Kapsel (17) gebildeten Luftvolumen ein elektrischer Impedanzwandler vorgesehen ist.

9. Implantierbarer hydroakustischer Wandler nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass in der Kapsel (17) und/oder in einer nicht als Verformungskörper (15) ausgebildeten Wand des hydroelektrischen Wandlers (1) gasdichte Durchführungen für elektrische Leitungen vorgesehen sind.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

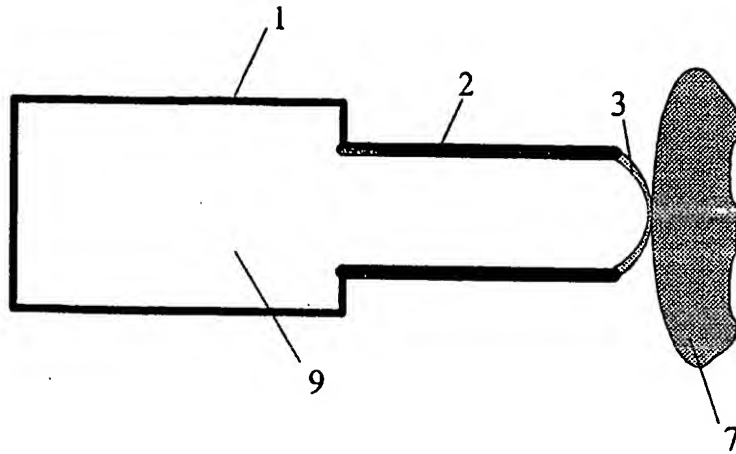


Fig. 1

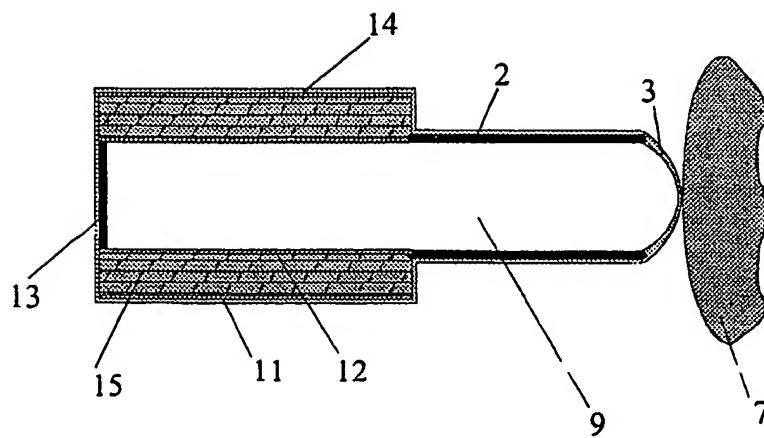


Fig. 2

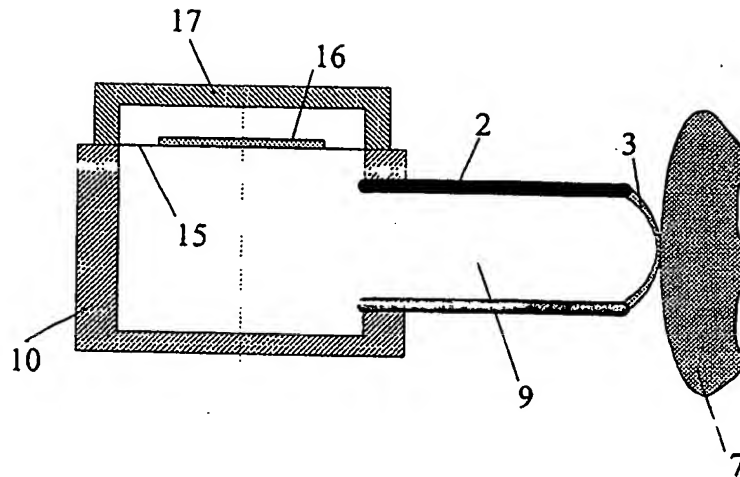


Fig. 3